

**LA FRÁGIL NORMATIVIDAD PARA LA DISPOSICION FINAL DE LODOS
RESIDUALES EN COLOMBIA**



MAXIMILIANO CASTRO CASTRO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista En Planeación Ambiental Y Manejo Integral De Los Recursos
Naturales**

**Director:
XIMENA LUCIA PEDRAZA NAJAR**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACION EN PLANEACION AMBIENTAL Y MANEJO
INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ, 2018.**

LA FRÁGIL NORMATIVIDAD PARA LA DISPOSICION FINAL DE LODOS RESIDUALES EN COLOMBIA

The fragile normativity for the final disposition of residual sludge in Colombia.

Maximiliano Castro Castro.

Ingeniero Ambiental y Sanitario, Estudiante de Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales,
Ingeniero ambiental de apoyo en la Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios,
Facultad de ingeniería,
Universidad Militar Nueva Granada,
Bogotá D.C, Colombia,
u2700880@unimilitar.edu.co

RESUMEN

En la actualidad Colombia presenta una amplia normativa frente a la gestión del recurso hídrico inherente al tratamiento de aguas, la cual incluye la reglamentación de los requisitos técnicos del diseño, mantenimiento y operación de la infraestructura para su tratamiento; además determina su ordenamiento, protección, conservación, uso y aprovechamiento. Sin embargo, es desconcertante que el régimen jurídico existente a nivel nacional aún es débil y laxo frente al contemplado en otros países, como la disposición del material resultante del tratamiento de aguas residuales, explícitamente lodos residuales. El presente artículo pretende cuestionar e indagar la normativa existente con respecto al Tratamiento de Aguas Residuales en el territorio nacional, para el caso que implica la adecuada disposición final de los lodos residuales. Cabe resaltar que los requerimientos regulatorios pueden reducir, mitigar y a largo plazo prevenir los daños identificados principalmente en la afectación del recurso suelo, desencadenando problemas de “bioacumulación” y “biomagnificación” de metales pesados y sustancias tóxicas derivadas de las diferentes actividades productivas.

Palabras clave: aguas residuales, lodos residuales, biosolidos, normatividad ambiental.

ABSTRACT

At present Colombia presents a wide normative regarding the management of the hydric resource inherent to the water treatment, which includes the regulation of the technical requirements of the design, maintenance and operation of the infrastructure for its treatment; it also determines its order, protection, conservation, use and exploitation. However, it is disconcerting that the existing legal regime at the

national level is still weak and lax compared to that contemplated in other countries, such as the disposal of the material resulting from the treatment of wastewater, explicitly residual sludge. This article aims to question and investigate the existing regulations regarding the treatment of wastewater in the national territory, for the case that implies the proper disposal of the residual sludge. It should be noted that the regulatory requirements can reduce, mitigate and in the long term prevent the damages identified mainly in the affectation of the soil resource, triggering problems of "bioaccumulation" and "biomagnification" of heavy metals and toxic substances derived from the different productive activities.

Keywords: wastewater, sewage sludge, biosolids, environmental regulations.

INTRODUCCION

Para la humanidad, el agua es un recurso intrínseco para el desarrollo de sus actividades. El desarrollo de la industria, ha hecho que este bien preciado, se considere como un elemento natural que soporta todo. La contaminación producida últimamente ha utilizado el suelo, el aire y el agua como la ruta fallida de escape.

En Colombia, el manejo de las aguas residuales no es el más adecuado. A la fecha existen muchas afectaciones a la salud pública a causa de la incorrecta disposición de las excretas [1]. En gran parte de los municipios y zonas rurales del país, no se cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales; y en el peor de los casos, aun no cuentan con redes de alcantarillado. En los intentos de las ciudades económicamente estables por disponer de manera correcta sus aguas residuales, se han visto inversiones en la construcción, operación y sostenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas; lo cual ha sido un respiro para el ciudadano al no preocuparse en cierta forma por lo que pase con sus excretas; pero le genera al medio ambiente local una nueva preocupación: los lodos residuales que se generan en el tratamiento [2].

Pensar que podemos utilizar estos lodos generados como el milagro ecológico llamado "biosolido", sin que algún remanente de contaminación haya quedado mezclado en ellos; resulta un tanto desconcertante. A medida que ha avanzado la tecnología y la normatividad en el tratamiento de aguas residuales en el mundo, se ha regulado localmente los parámetros de descarga de aguas servidas; pero estas regulaciones han pasado por alto una correcta disposición los lodos residuales que son el remanente del tratamiento [2]. En muchos casos, los operadores de los servicios de alcantarillado no saben qué hacer con estos lodos y los han querido utilizar hasta para material de construcción.

La problemática principal radica en los tipos de tratamiento de aguas residuales usados en Colombia, los cuales, debido a la falta de tecnologías, de una u otra forma generan lodos residuales. Igualmente, en las principales ciudades que cuentan con sistemas de tratamiento, no se excluyen los vertimientos industriales de los domésticos, y esta mezcla llega finalmente hasta una planta de tratamiento de

aguas residuales domésticas, sin capacidad para remover las altas cantidades de metales pesados que llevan consigo los efluentes industriales.

Consecuentemente, esta gran cantidad de lodos generados muchas veces mediante procesos de tratamiento biológico, son responsabilidad de los prestadores de servicios de alcantarillado en cuanto a la disposición final. Por último, estos lodos con restos de contaminantes industriales van destinados en su gran mayoría a cobertura y/o recuperación de suelos; sin embargo, algunos operadores de alcantarillado más responsables manejan la disposición final con particulares especializados en la gestión de estos lodos, pero este subproducto termina siempre aplicándose al suelo.

Lo preocupante de esta problemática, es que una vez aplicado al suelo, estos lodos residuales y sus contaminantes se puedan bioacumular y biomagnificar en la cadena trófica y finalmente en los seres humanos; incidiendo de manera indirecta en la salud pública, pero postergando los efectos patológicos colaterales a las generaciones futuras.

Esta investigación muestra como otros países disponen y buscan la reducción en la generación de estos lodos residuales; teniendo en cuenta su toxicidad y la muy probable bioacumulación en alimentos, y finalmente en los seres humanos; desde un punto de vista regulatorio comparado a la normativa Colombiana.

1. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó haciendo una exploración bibliográfica y documental de la normatividad colombiana para la disposición final de los lodos residuales, buscando ciertas debilidades técnicas y jurídicas que puedan afectar en cierta medida al medio ambiente y a la salud local; y contrastando esta información obtenida con las normatividades y procesos de disposición final de los lodos residuales en los países cuyo avance en el tratamiento de estos residuos sea notorio.

Esta búsqueda se realizó en bases de datos como Google académico, y se tuvieron en cuenta criterios como el resumen y las palabras clave de cada uno de los artículos y documentos a revisar. De igual forma, se amplió la búsqueda consultando las referencias citadas en esos artículos para así hacer una especie de pesquisa retrospectiva. Posteriormente, se realizó una lectura de los artículos escogidos en los 3 niveles de comprensión lectora: literal, inferencial y crítico; para de esta forma extraer los mayores aportes posibles en lo relacionado a disposición correcta de lodos y las formas de reducir su producción.

Por último, y teniendo en cuenta las características naturales de Colombia; se sugieren avances tecnológicos y normativos que podrían ser replicados en el país para lograr una reducción en la generación de lodos, asimismo una disposición de lodos residuales adecuada para Colombia y su medio ambiente local.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Colombia el tratamiento de agua residual es muy diverso. Algunas plantas de tratamiento permiten un nivel secundario de descontaminación, otras solo permiten remover arenas o tratan el agua mediante lagunas facultativas. Popularmente, y gracias a cierta facilidad de diseño y mantenimiento; se han construido plantas de tratamiento aerobio de aguas residuales, las cuales funcionan mediante inyección de aire y en donde intervienen bacterias degradantes de la materia orgánica.

En los casos de los contaminantes difíciles de tratar y los metales pesados presentes en el agua residual, estos solo se homogenizan en el licor de mezcla para luego ser oxidados mediante la inyección de aire. Los contaminantes disueltos que no cumplan con estas características, serán sedimentados y harán parte de los lodos provenientes del tratamiento. Estos lodos son extraídos o purgados del sistema y dispuestos la mayoría de veces en los lechos de secado de lodos o en espesadores de lodos. En esta fase se busca reducir el contenido de agua presente en ellos para así obtener un material de características sólidas y en algunos casos, compacto. Este material es el biosólido.

El biosólido es el material remanente del tratamiento de las aguas residuales, que ha perdido su contenido de agua, pero ha dejado los contaminantes reducidos a un material sólido, supuestamente útil para la agricultura; por que según el estado colombiano no representa peligro para el suelo [3].

Es menester tener en cuenta las actividades industriales que se desarrollan hoy en el país. Muchas actividades generan contaminantes capaces de preservarse y transferirse de un proceso biológico a otro, e incluso de un estado físico a otro sin perder su toxicidad.

Frente a esto, la normatividad colombiana establecida en el Decreto 1287 de 2014 [3] (compilado en el Decreto 1077 de 2015), y en el Decreto 0330 de 2017 [4], han sido ajenos a una disposición de los lodos residuales en donde no se contemple su incorporación al suelo. Se ha hablado de ciertos parámetros en la aplicación de los mismos, pero no se han establecido y exigido parámetros para el cumplimiento de estas obligaciones.

Para corroborar lo anterior, se presenta una revisión al Decreto 1287 de 2014:

1. El objeto del Decreto, enunciado en el Artículo 1°, indica: *“El presente Decreto tiene por objeto establecer los criterios para el uso de los Biosólidos producidos a partir de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.”* Entonces, ¿que hacer con los lodos producidos por las PTAR industriales? ¿Los lodos de las PTAR industriales no necesitan una adecuada disposición? ¿Acaso estos lodos se pueden disponer en cualquier parte?
2. En el párrafo del mismo artículo se indica que *“Este Decreto no aplica a los lodos que tengan características de peligrosidad.”* En ese párrafo se hace aun mas visible la sutileza del Decreto por el cual se debe dar manejo a los lodos residuales. Entonces, ¿Quién, y como se manejan los lodos residuales peligrosos?

3. En el artículo 4, caracterización de los biosólidos se permite que estos posean remanentes de plomo. Si existen evidencias que la utilización de lodos con metales pesados afecta la calidad de los alimentos en una cosecha [5], ¿estos metales pesados no se bioacumularán en los seres humanos?
4. En el párrafo 2 del artículo 5 menciona que los lodos que no cumplan con esos valores máximos permisibles de contaminantes podrán ser utilizados en la operación de rellenos sanitarios como cobertura diaria, pero esto es algo que no se ve a futuro, teniendo en cuenta que rellenos como el “Doña Juana” poseen 500 hectáreas. ¿Imaginan 500 hectáreas de terreno con una capa superficial de suelo contaminado?
5. En el artículo 12 se enuncia que *“Los biosólidos que no sean objeto de uso deberán ser dispuestos cumpliendo con la normatividad vigente”*, y en el párrafo del mismo artículo se menciona *“En caso de disposición final en rellenos sanitarios los operadores recibirán los biosólidos. Estos deberán cumplir con las condiciones para su manipulación y disposición final”*. En la primera parte, se evidencia un vacío jurídico por que estos lodos que no puedan aplicar al suelo debido a sus cargas contaminantes altas, deberán ser dispuestos, pero ¿en donde, y basado en que normatividad? ¿Esta normatividad solo se limita a regular el uso mas no la disposición final de estos lodos residuales con características contaminantes?

La anterior revisión deja muchas inquietudes con la disposición final de lodos con características altamente contaminantes, pero esto ocurre debido a:

- Las corporaciones autónomas regionales en gran mayoría no han sido exigentes en cumplir los parámetros de entrega de vertimientos de grandes y pequeñas industrias que manipulen sustancias contaminantes; eso teniendo en cuenta las industrias que entreguen sus aguas residuales al alcantarillado de una ciudad. Así las cosas, ¿Qué cumplimiento en los parámetros de descarga de aguas residuales tendrán las industrias que traten sus residuos líquidos?
- Al no estar las corporaciones autónomas regionales (con algunas excepciones) en un estricto seguimiento y control de las descargas que realizan las industrias y los municipios, tampoco lo están frente a la generación, manejo y disposición final de lodos residuales.
- La normatividad actual, que relaciona los biosólidos con un material aprovechable para el suelo; y estos residuos peligrosos terminan incorporados al suelo y vinculados con la agricultura, cuando deberían estar vinculados al seguimiento por parte de salud pública.

De igual forma, el Decreto 0330 de 2017 y el Decreto 1077 de 2015, son la transcripción sin modificación alguna del Decreto 1287 de 2014; por lo tanto la normatividad actual desconoce las opciones para el manejo y disposición de lodos residuales con características contaminantes o peligrosos. El panorama encontrado es alarmante debido a que debe ser el estado colombiano quien regule la disposición de sustancias contaminantes en su territorio de manera correcta, y en

ese sentido no se evidencia la correcta planeación ambiental e institucional en el manejo de los recursos naturales por parte del estado. En la figura 1, Donado [6] sintetiza la gestión de los lodos residuales en Colombia con sus posibles aspectos de amenaza a la salud publica del país.

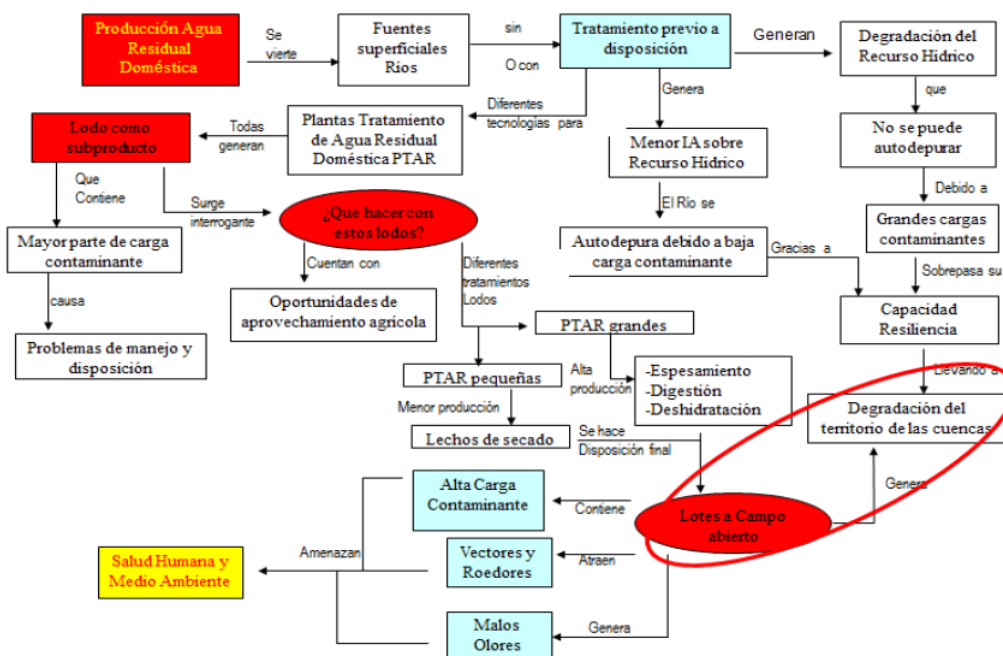


Fig 1. Síntesis del tratamiento de aguas residuales en Colombia y sus afectaciones al medio ambiente.

Fuente: Donado, 2013. [6].

En todo caso, el panorama de Colombia frente a algunos países de latinoamerica en cuanto a la disposición final de los lodos residuales es relativamente vanguardista. Según Melo [7], Uruguay está pasos atrás de Colombia en la gestión y caracterización de lodos residuales. Chile no establece valores máximos de aplicación, Argentina muestra mucha similitud frente a Colombia pero no regula la presencia de Selenio en los biosólidos como ocurre en Colombia; esto según lo comparado [8]. En su gran mayoría, los aspectos regulatorios de Colombia siguen los parámetros establecidos por la EPA en Estados Unidos [8].

| Parameter | Biosolids El Salitre (mg/kg) | Maximum Limits mg/Kg (EPA) |
|-----------|------------------------------|----------------------------|
| Arsenic | 18.6 | 75 |
| Cadmium | 76 | 85 |
| Copper | 163.4 | 4300 |
| Chromium | 72.5 | 3000 |
| Mercury | 8 | 57 |
| Nickel | 42.9 | 420 |
| Lead | 87.5 | 840 |
| Selenium | 24.4 | 100 |
| Zinc | 1014.2 | 7500 |

Fig 2. Concentración promedio de metales pesados en los biosólidos producidos en El Salitre comparado con la parte 503 de la norma EPA 40 CFR.

Fuente: LeBlanc, 2009. [9]

La figura 2 permite evidenciar que los lodos residuales provenientes de la PTAR El Salitre están cumpliendo por debajo de lo máximo permitido en EE.UU., siendo algo positivo; pero es solo una PTAR de las presentes en el país, las cuales no cuentan con las tecnologías y los procesos encontrados en El Salitre. En la figura 3 se observa las características del lodo residual proveniente de la PTAR El Salitre frente a otras regulaciones internacionales. El valor más alto de los lodos del salitre, es el cromo que se encuentra en una diferencia notoria frente a lo registrado en otros países.

| Contaminante mg/kg | Colombia (1) | EEUU (2) | Unión Europea (2) | NORMA EPA 40CFR- 503 PC-EQ QUALITY | Límites recomendados 86/278/CEE |
|-----------------------|-----------------|-------------|-------------------------|--|---------------------------------------|
| Arsénico | 0,47 | 4,9 | Nd | 41 | No regulado |
| Cadmio | 2,78 | 25 | 4 | 39 | 20-40 |
| Cobre | 180 | 616 | 380 | 1500 | 1.000 – 1.750 |
| Cromo | 849 | 178 | 145 | No regulado | No regulado |
| Mercurio | 0,85 | 2.3 | 2.7 | 17 | 16-25 |
| Níquel | 65,4 | 71 | 44 | 420 | 300-400 |
| Plomo | 84 | 204 | 97 | 300 | 750-1.200 |
| Selenio | 0,46 | 6 | Nd | 100 | No regulado |
| Zinc | 966,3 | 1285 | 1.000 | 2.800 | 2.500-4.000 |

Fig 3. Características químicas de los biosólidos de Colombia y su comparación con biosólidos de EEUU y la UE.

Fuente: Velez, 2007.[10]

En Europa, aunque la normatividad llegue a considerarse propiamente como antigua, es de notorio avance frente a la normatividad colombiana. Esto se da por motivos como que algunos países tienen una producción de residuos mínima, por que han establecido normativas que prohíben la disposición de lodos en algunos países europeos, por que han sido más estrictos con los metales pesados, agentes patógenos y micro contaminantes orgánicos, y han establecido que cada vez más sean las toneladas de lodos que necesitan ser eliminados más no reutilizados. Se destaca a Finlandia por una gestión de lodos residuales ambientalmente aceptable [11]. Se considera que los límites establecidos en la normativa americana, va de acuerdo a su economía industrializada y altamente contaminante; eso se puede observar mediante la diferencia entre lo establecido por la Unión Europea y Estados Unidos.

Otro aspecto a destacar es la gestión política en el manejo de los lodos residuales en los países. Al ser un tema de salud pública, no debería estar en manos de divisiones gubernamentales que tengan muchas otras funciones, caso de un ministerio público. Se destaca Estados Unidos, por la organización no gubernamental National Biosolids Partnership, y Sustainable Organic Resources Partnership (SORP); las cuales se han encargado de proponer conjuntamente políticas adecuadas para el manejo de los lodos residuales y las aguas de excreta en EE.UU [9]. China por ejemplo, gestiona sus lodos residuales mediante la aplicación al suelo, pero ha dejado claro que los contaminantes inmersos en estos lodos les preocupa. Eslovenia cuenta con una normativa ambiental tan restringida

en cuanto a la disposicion de lodos residuales, que estan fomentando la exportacion de lodos residuales a otros paises para su incineracion y disposicion final [9]. En cuanto al desarrollo de politicas, han sido orientadas hacia el correcto uso y la eliminacion de los lodos residuales en el tratamiento de vertimientos; y estan encabezadas por Estados Unidos y la Union Europea. EE.UU se ha preocupado por los riesgos en las regulaciones ambientales, incluido el manejo de lodos residuales; mientras que la UE esta enfocada en la eliminacion de sustancias quimicas que afecten la salud publica [9].

| Country/ Jurisdiction | Likely use or disposal of bench- mark sludge | | | | Notes |
|--|---|--------------------------|-------------------|---------------|--|
| | Land ap ag | Other use on soils | Inciner- ation | Land- fill | |
| Bulgaria | | | | X | Sludge first by anaerobic digestion, then placed in a partitioned sludge-only landfill cell. |
| Canada – Greater Moncton Sewerage Commission (GMSC) | | X Com- post | | | Sludge composted to make a 'Class A' product for unrestricted use |
| Canada – Québec | | | | X | Most sludge is incinerated, but from the benchmark size city, more sludge is landfilled and some is land applied. The benchmark meets the "contaminant 2" regulatory category and could be land applied, with restrictions, after stabilization, most likely by composting. Limited to 22 dt/ha/5 years. |
| Canada – British Columbia | | X | | | After treatment for pathogen and vector attraction reduction, use in land reclamation is most likely. |
| China | X | | | | Application to crops other than vegetable and pasture/forage; must be stabilized by composting or digestion and dewatering. |
| China – Hong Kong | | | | X | Sludge must be dewatered first. |
| England | X | | | | Would be managed as part of a regional sludge operation; sludge would be stabilized most likely by anaerobic digestion and must meet other management restrictions; a site permit is not required, but regulations, Code of Good Practice, and Safe Sludge Matrix must be followed to avoid liability. |
| Japan – Tokyo | | | X | | After thickening (digestion) and dewatering; the incineration reduces the sludge volume to one-hundredth. The ash is mostly used in construction materials (56% for cement, 33% for lightweight aggregate). |
| Netherlands | | | X | | Sludge is stabilized and dewatered by composting first, then used as a biofuel at power stations. |
| Norway | | X | | | Could not be land applied on arable land because the levels of lead and zinc are too high; would likely be used as part of a soil blend for use on green areas (golf course, construction sites, roadsides, parks) – but only after stabilization and if stabilization did not increase lead above 200 mg/kg. |
| Russian Federation | | X | | | Application to plantation forest land is most likely (does not meet contaminant standards for agricultural use). "Sludge could be used after pathogen reduction, composting or in mixture with sand and peat; the typical application rate is 60-80 t DS/ha." |
| South Africa | X | | | | Would be classified as Class C3a if it is left as is, meaning it would likely be dewatered and incinerated. However, it is more likely to be stabilized by anaerobic digestion, making it a Class C1a or B1a biosolids that would be used in agriculture, with restrictions. Could not be put to general public use, as that requires Class A1a. |

Fig 4. Probables usos o eliminaciones del lodo residual de referencia en varios paises.

Fuente: LeBlanc, 2009. [9]

Debido a que las tecnologías para implementar sistemas de tratamiento de lodos, lo cual permitiría eliminar en parte los metales pesados antes de disponerlos al suelo, son costosas; muchos países optan por disponer estos lodos residuales al suelo sin ningún tratamiento especial. Pero se han establecido en varios países algunas estrategias en esta aplicación para evitar que no se cumplan ciertos periodos de resiliencia sistémica en el suelo tal como se observa en la figura 4.

Colombia ha establecido en su normativa [3] dos categorías de lodos residuales: A y B. El lodo tipo A es aquel más inofensivo por sus tenues características contaminantes, mientras que el tipo B cuenta con las mismas características que el lodo de referencia mencionado en la figura 4. Pero, al revisar la tasa máxima anual de aplicación TMAA establecida en la normativa colombiana, no se diferencian los lodos a disponer al suelo, solo se determinan unos valores máximos de aplicación, de la siguiente forma:

| PARAMETRO | TASA MÁXIMA ANUAL DE APLICACIÓN - TMAA Kg/Ha-año |
|---------------|--|
| Arsénico (As) | 2,0 |
| Cadmio (Cd) | 1,9 |
| Cobre (Cu) | 75,0 |
| Cromo (Cr) | 150,0 |
| Mercurio (Hg) | 0,85 |
| Níquel (Ni) | 21,0 |
| Plomo (Pb) | 15,0 |
| Selenio (Se) | 5,0 |
| Zinc (Zn) | 140,0 |

Fig 5. Tasa Máxima Anual de Aplicación (TMAA).

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014. [3]

En esta parte se reitera la normativa desacorde que tiene actualmente el país para el manejo de lodos residuales. ¿Para que clasificarlos en categorías adecuadas e inadecuadas, si se permiten altos valores de disposición por año?

Solamente tomando un contaminante criterio de los mencionados en la figura 5 como el plomo, se encuentra que es un elemento tan persistente en el medio ambiente local, que es capaz de acumularse tanto en alimentos como en la sangre.

En Pakistán se investigó la acumulación de plomo en semillas de trigo, mediante pruebas a diversas especies de trigo con 3 tipos de suelo, en donde se incluía un suelo al cual se había aplicado lodo residual como abono orgánico. Se evidenció que las especies *TJ-83* y *Mehran-89* presentaban altos índices de bioconcentración de plomo en su grano [5]. Lo observado en esa investigación es preocupante teniendo en cuenta que muchos de los granos cultivados son esponjas naturales que absorben los nutrientes del suelo, para luego ser parte de nuestra alimentación. Lo malo no es la absorción de los nutrientes, es la transferencia de metales pesados al organismo.

La niñez argentina ha sido víctima del plomo que se encuentra en las aguas residuales provenientes de las industrias petroleras en "Villa Inflamable". La presencia de remanentes de plomo en el agua para consumo es evidenciada

sensorialmente mediante el sabor y la turbidez, y las principales afectaciones son enfermedades respiratorias, de la piel, estomacales, genéticas y cancerígenas [12]. Lo anterior evidencia que metales pesados que se transporten en el agua residual, difícilmente saldrán del entorno ecológico próximo a las personas; y siendo así, lo mismo estaría ocurriendo con los lodos residuales.

Lo ideal para evitar seguir generando lodos residuales con alta cantidad de metales pesados sería exigir normativamente que la industria que genere estos vertimientos, cuente con la tecnología para el tratamiento de estas aguas residuales y así removerlos antes que se mezclen con las aguas residuales domésticas en la red de alcantarillado.

Otra discusión que se genera es relacionada al pago que muchas industrias hacen por sus vertimientos, en forma de compensación a las posibles afectaciones que se puedan generar con los cuerpos de agua y el medio ambiente local. Al ser la normativa colombiana relativamente laxa, es un “paraíso ambiental” para las empresas contaminantes que en otros países no tendrían cabida debido a la afectación ambiental que generaría en sus procesos.

Se destacan recientes formas de tratar los metales pesados en las aguas residuales. Dentro de esos está un sistema de tratamiento mediante radiación atómica, llevado a cabo por la Agencia de Energía Atómica Internacional; enfocado en el tratamiento de agua residual con contaminantes orgánicos y aromáticos policíclicos para reuso [13]. El contenido nutritivo del agua residual no puede obviarse; por esto, se ha adelantado una investigación que permite el reciclaje de los nutrientes contenidos en las aguas residuales mediante el proceso Seaborne. Este proceso lo que pretende es extraer los nutrientes (que son gran parte de los metales pesados) presentes en el agua residual, aprovecharlos, y producir un lodo residual apto para agricultura [14].

En Latinoamérica el avance más notorio en una correcta disposición y aprovechamiento de lodos residuales está en México, en donde se investiga la utilización de estos lodos para aprovechamiento de energía eléctrica mediante la digestión anaeróbica [15]. Esto parte del hecho que en varios países, estos lodos son dispuestos directamente en el suelo y no se aprovecha el potencial energético que poseen, tal como se observa en la figura 6.

| País | Lodos/biosólidos generados (millones Ton/año). | Cantidad depositada como relleno en tierra (%). | Cantidad utilizada para recuperación energética (%). |
|----------------|--|---|--|
| Estados Unidos | 7.2 | 15 | 5 |
| Canadá | 0.550 | 17 | 7 |
| Unión Europea | 9.2 | 18 | 23 |
| China | 2.9 | 34 | 0 |
| Japón | 2.0 | 20 | 5 |
| Brasil | 0.48 | 45 | 0 |
| México | 0.640 | 76 | 0 |

Fig 6. Generación de lodos residuales/biosólidos en el mundo y su aprovechamiento para la recuperación energética

Fuente: Remis y Mendoza, 2012. [15]

Para los lodos con alto contenido de plomo que como se dijo anteriormente es persistente, estable y bioacumulable; se ha probado la vitrificación de lodos residuales provenientes de la industria cerámica. Esto se ha logrado mediante el proceso de calentamiento Joule a los lodos contaminados con este metal pesado, obteniendo un vidrio de adecuada calidad; eliminando el plomo que sería aplicado al suelo [16].

Estos son los avances tecnológicos y normativos que debería implementar Colombia para la correcta disposición de sus lodos residuales. A pesar de que Colombia es un país privilegiado en recursos naturales, no se puede sobre explotarlos y mucho menos omitir el desencadenamiento de afectaciones que ocurriría en caso de saturar parte de los suelos colombianos gracias a la disposición de lodos residuales en el.

Un análisis superficial de la situación que llegaría a presentarse sería tomando el caso de Bogotá. Cada día crece más en su parte urbana, por ende cada día crece el caudal de los vertimientos de agua residuales. Si no es posible la ampliación y las mejoras tecnológicas de los sistemas de tratamiento que cubran la producción de aguas residuales de la ciudad, se tendría un tratamiento parcial de estos efluentes; y sumado a la promiscuidad de la normatividad relacionada a la disposición de lodos residual, se están generando puntos de acumulación de lodos residuales en los alrededores de la ciudad, donde muchas de estas áreas pueden ser utilizadas como áreas cultivables, lo cual estaría transfiriendo esa contaminación remanente en el suelo a los alimentos y a las personas, incidiendo en la salud pública.

Así las cosas, Colombia debe endurecer la normatividad para la disposición de lodos residuales en su territorio para evitar que los industriales y los prestadores del servicio de alcantarillado contaminen su suelo con la aplicación de un contaminante disfrazado de abono orgánico.

3. CONCLUSIONES

Se revisó la normativa ambiental colombiana relacionada a la disposición de lodos residuales en el territorio nacional, encontrándose debilidades en cuanto al manejo y disposición de lodos residuales con características altamente contaminantes. No es recomendable para el estado colombiano basarse en la normativa americana de gestión de lodos residuales; esto debido al modelo económico americano, el cual es altamente industrializado y altamente contaminante, además de claras diferencias de Colombia con estados unidos relacionadas a los tipos de suelo, cuerpos de agua presentes y biodiversidad en general; aspectos en los cuales Colombia es más privilegiado que Estados Unidos, pero a la vez más vulnerable.

Los avances regulatorios y tecnológicos en otros países están orientados a la minimización en la generación de lodos residuales, e incluso la exportación de estos lodos para que no sean dispuestos en los suelos de esos países. Colombia debe crear una organización que formule mejores políticas para el manejo de lodos residuales en el territorio nacional. Los lodos residuales con alta carga contaminante no deben disponerse en suelos que tengan potencial de uso agrícola. Las industrias

que generan vertimientos con remanentes de plomo disueltos, están afectando la salud pública. Se deben fortalecer las competencias de las corporaciones autónomas regionales para que se dé un mejor manejo de lodos residuales localmente. Las acciones, políticas y proyectos de manejo adecuado de lodos residuales, deben estar enfocados en la minimización en su generación en las etapas de tratamiento de aguas residuales.

4. AGRADECIMIENTOS

“Gracias a la vida, que me ha dado tanto.”
Mercedes Sosa.

REFERENCIAS

- [1] Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, volumen (66), pp. 7-8.
- [2] Dáguer, G.P. (2003). Gestión de biosólidos en Colombia, *Revista ACODAL*, pp. 12-16.
- [3] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). "*Decreto 1287 Del 10 de julio De 2014 "Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosolidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales"* ". pp. 15.
- [4] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). "*Resolucion 0330 Del 8 de junio de 2017 "Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y seneamiento básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"* ". pp. 182.
- [5] Jamali, M.K., et al. (2009). Heavy metal accumulation in different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in soil amended with domestic sewage sludge. *Journal of Hazardous Materials*, volumen (164), pp. 1386-1391.
- [6] Donado, R. (2013). *Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martín de los llanos en el Departamento del Meta*.(Tesis de maestría). Facultad de estudios ambientales y rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- [7] Melo, A., Rodríguez, A., González, J. (2017). Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient*, volumen (8), pp. 217-226. [8] F. A. Ospina López, A. Rodríguez González, y J. M. González Guzmán, «Comparación de la reglamentación para el manejo de lodos provenientes de agua residual en Argentina, Chile y Colombia», *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 8, n.º 1, pp. 227-237, 2017.
- [9] LeBlanc, R., Alabaster, G. (2008). *A Review of "Global Atlas of Excreta, Wastewater Sludge, and Biosolids Management: Moving Forward the Sustainable and Welcome Uses of a Global Resource"*. Nairobi, Kenia: United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), pp. 261-268.

- [10] Vélez, J.A. (2007). Los biosólidos: ¿una solución o un problema?. *Prod. + Limpia*, vol. 2, pp. 57-71.
- [11] Kelessidis, A., Stasinakis, A. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Manag.*, volumen (32), pp. 1186-1195.
- [12] Schelica, M., Perez, J. (2016). Percepción de la contaminación ambiental y los riesgos para la salud en la comunidad de "Villa Inflamable". *Anuario de investigaciones, Secretaría de investigaciones, Facultad de psicología - UBA.*, volumen (23), pp. 207-216.
- [13] International Atomic Energy Agency. (2018). *Radiation treatment of wastewater for reuse with particular focus on wastewaters containing organic pollutants / International Atomic Energy Agency*. Viena, Austria: IAEA, pp. 1-10.
- [14] Müller, J.A., et al. (2007). Nutrient Recycling from Sewage Sludge using the Seaborne Process. *Mov. Forward. Wastewater Biosolids Sustain. Tech. Manag. Public Synerg.*, pp. 629-633.
- [15] Rojas, R., Mendoza, L. (2012). Use of biosolids for energetic recovery in México. *Prod. + Limpia*, volumen (7), pp. 74-94.
- [16] Dellisanti, F., Rossi, P., Valdrè, G. (2007). Mineralogical and chemical characterization of Joule heated soil contaminated by ceramics industry sludge with high Pb contents. *Int. J. Miner. Process.*, volumen (83), pp. 89-98.